

PAT-NO: JP406148231A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06148231 A

TITLE: TEMPERATURE COMPENSATING METHOD AND  
APPARATUS OF YAW  
RATE SENSOR

PUBN-DATE: May 27, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SATO, MASAYUKI

WATANABE, TORU

KOBAYASHI, AKIHIRO

MIZUMOTO, KATSUYOSHI

MATSUMOTO, TADAICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

AISIN SEIKI CO LTD

N/A

TOYOTA MOTOR CORP

N/A

APPL-NO: JP04324626

APPL-DATE: November 11, 1992

INT-CL (IPC): G01P015/09, G01C019/56

US-CL-CURRENT: 73/497

ABSTRACT:

PURPOSE: To improve the compensating accuracy of temperatures by providing a capacity detecting electrode at one end of a piezoelectric vibrating member and connecting the electrode to a capacity detector which corrects the change of a

vibration detecting signal resulting from the temperature characteristic of a piezoelectric body on the basis of the change of the capacity of the piezoelectric body.

CONSTITUTION: A capacity detecting electrode 4 for detecting the capacity is provided at the inner and outer peripheral surfaces at one end of a base part of a cylindrical piezoelectric vibrating member 1. The electrode 4 is connected in parallel to a feedback resistance 22 of an operational amplifier 24 of a capacity detecting circuit 20. Therefore, a piezoelectric body held between the electrodes 4 constitutes an integrating circuit equivalent to a capacitor 23 of a capacity C. The integrating circuit outputs signals varying the voltage level depending on a time constant thereof. If the capacity of the piezoelectric body is increased as the temperature goes high, the time constant of the integrating circuit becomes large, whereby the level of the output signals of the integrating circuit is decreased. The output signals of the circuit 20 as above are connected to a gate terminal of a FET 7 of a voltage input-current output type via an output terminal 11. Accordingly, an output signal VS of an angular velocity detecting circuit 30 is compensated in temperatures.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】一端が固定された中空円筒状の圧電振動部材と、前記圧電振動部材に固着された電極であって前記圧電振動部材を励振するための励振用電極と前記圧電振動部材の振動を検出するための振動検出用電極と、前記励振用電極に交番信号を供給する発振回路と、前記振動検出用電極の信号から角速度を検出する角速度検出回路と、から成るヨーレートセンサの出力信号を温度補償するための方法において、

前記中空円筒状の圧電振動部材の基部側一端の内周面と外周面に圧電体の容量を検出するための容量検出用電極を設けると共に、該容量検出用電極をその遮断周波数が圧電体の容量に依存して可変される濾波回路に接続し、所定の基準信号を前記濾波回路に入力し、該濾波回路の出力電圧によりその利得が可変に制御される増幅器に前記角速度検出回路の出力信号を入力し、温度補正された利得を以て該角速度検出回路の出力が増幅されるようにしたことを特徴とするヨーレートセンサの温度補償方法。

【請求項2】一端が固定された中空円筒状の圧電振動部材と、前記圧電振動部材に固着された電極であって前記圧電振動部材を励振するための励振用電極と前記圧電振動部材の振動を検出するための振動検出用電極と、前記励振用電極に交番信号を供給する発振回路と、前記振動検出用電極の信号から角速度を検出する角速度検出回路と、から成るヨーレートセンサにおいて、

前記中空円筒状の圧電振動部材の基部側一端の内周面と外周面に圧電体の容量を検出するための容量検出用電極が設けられると共に該容量検出用電極が容量検出回路に接続されたことを特徴とするヨーレートセンサの温度補償装置。

【請求項3】前記容量検出用電極が前記中空円筒状の圧電振動部材の振動節点に配設されたことを特徴とする請求項2記載のヨーレートセンサの温度補償装置。

【請求項4】前記容量検出回路が、予め定める基準信号を出力する発振回路と、その時定数が前記圧電体の容量に依存して可変される積分回路とから成ると共に、前記容量検出回路の出力が、利得が電圧により可変に制御される増幅器の制御信号端子に入力されることを特徴とする請求項2記載のヨーレートセンサの温度補償装置。

【請求項5】前記増幅器が、前記容量検出回路の出力を入力とする電圧入力電流出力型のバッファ増幅器と、該バッファ増幅器の出力が反転入力端子に接続され前記角速度検出回路の出力が非反転入力端子にそれぞれ接続された演算増幅器とから成る請求項3記載のヨーレートセンサの温度補償装置。

【請求項6】請求項2において、前記圧電振動部材が真空容器に入れられたことを特徴とするヨーレートセンサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、車両回転角（ヨー角）の速度変化（ヨーレート）を検出するセンサの温度補償方法及び温度補償装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】車両回転角（ヨー角）のヨーレートのセンサとして、圧電体を用いて振動を印加し、ヨー角の速度変化による振動の変動を検出する圧電振動ジャイロが用いられている。

【0003】従来、圧電振動型ジャイロとしては、例えば一端が閉塞されて支持部材に固定されその軸中心に回転自在とされた中空円筒状部材と、円筒部材に径方向に所定の振動を与えるための圧電素子から成るトランスジューサと、円筒部材のねじり振動を検出する圧電素子などから成るセンサとが円筒部材に配されたものが知られている（英国特許2061502A及び米国特許第4,655,081号など）。

【0004】図1には圧電振動ジャイロの動作原理が略示されている。

【0005】図1(A)において、円筒部材1は、発振器による交番信号により励振用電極2を介して所定の共振周波数で径方向に振動され、振動検出用電極3を介して振動が検出される。

【0006】そして、図1(B)に示すように、回転運動が生じると、円筒部材にはコリオリ力が働きねじり振動により振動検出用電極3には、振動の変化、例えば逆位相の信号が感知され、回転速度量を表わす信号は電圧増幅器6により取り出される。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、PZTなど圧電セラミックを用いた圧電振動型ジャイロでは、圧電セラミックの温度により特性が変化して共振周波数が変化するなど、温度によりヨーレートセンサの感度または出力電圧が変わるという問題があった。

【0008】また、圧電振動型ジャイロの温度補償を行なうために、温度センサを圧電体に別途取り付け付けた場合、圧電体とは温度が異なるという問題があった。

【0009】したがって、本発明の目的は、前記問題点を解消し、PZTなどの圧電セラミックによる圧電振動ジャイロを用いたヨーレートセンサの温度補償方法を提供することにある。

【0010】また、本発明の目的は、PZTなどの圧電セラミックによる圧電振動ジャイロを用いたヨーレートセンサの温度補償装置を提供することにある。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために本発明は、一端が固定された中空円筒状の圧電振動部材と、前記圧電振動部材に固着された電極であって前記圧電振動部材を励振するための励振用電極と前記圧電振動部材の振動を検出するための振動検出用電極と、前記

励振用電極に交番信号を供給する発振回路と、前記振動検出用電極の信号から角速度を検出する角速度検出回路と、から成るヨーレートセンサの出力信号を温度補償するための方法において、前記中空円筒状の圧電振動部材の基部側一端の内周面と外周面に圧電体の容量を検出するための容量検出用電極を設けると共に、該容量検出用電極をその遮断周波数が圧電体の容量に依存して可変される濾波回路に接続し、所定の基準信号を前記濾波回路に入力し、該濾波回路の出力電圧によりその利得が可変に制御される増幅器に前記角速度検出回路の出力信号を入力し、温度補正された利得を以て該角速度検出回路の出力が増幅されるようにしたことを特徴とするヨーレートセンサの温度補償のための方法を提供する。

【0012】また、本発明は、一端が固定された中空円筒状の圧電振動部材と、前記圧電振動部材に固着された電極であって前記圧電振動部材を励振するための励振用電極と前記圧電振動部材の振動を検出するための振動検出用電極と、前記励振用電極に交番信号を供給する発振回路と、前記振動検出用電極の信号から角速度を検出する角速度検出回路と、から成るヨーレートセンサにおいて、前記中空円筒状の圧電振動部材の基部側一端の内周面と外周面に圧電体の容量を検出するための容量検出用電極が設けられると共に該容量検出用電極が容量検出回路に接続されたことを特徴とするヨーレートセンサの温度補償装置を提供する。

【0013】そして、本発明は、前記容量検出用電極が前記中空円筒状の圧電振動部材の振動節点に配設されたヨーレートセンサの温度補償装置を提供する。

【0014】さらに、本発明は、容量検出回路が、予め定める基準信号を出力する発振回路と、その時定数が前記圧電体の容量に依存して可変される積分回路とから成ると共に、前記容量検出回路の出力が、利得が電圧により可変に制御される増幅器の制御信号端子に入力されることを特徴とするヨーレートセンサの温度補償装置を提供する。

【0015】さらにまた、本発明は、電圧により利得が制御される増幅器が、容量検出回路の出力を入力とする電圧入力電流出力型のバッファ増幅器と、該バッファ増幅器の出力が反転入力端子に接続され、前記角速度検出回路の出力が非反転入力端子にそれぞれ接続された演算増幅器とから成るヨーレートセンサの温度補償装置を提供する。

【0016】本発明は、中空円筒状の圧電振動部材が真空容器に入れられたことを特徴とするヨーレートセンサを提供する。

【0017】

【作用】本発明の温度補償の方法によれば、PZT系の圧電セラミックから成る圧電振動部材の温度特性の変化を誘電率の変化として検出するための容量検出用の電極を圧電体自体に設け、圧電体の容量の変化に依存してそ

の遮断周波数が可変にされる濾波回路に所定の振幅、周波数の基準信号を入力し、圧電振動型ジャイロの角速度検出回路の出力信号を増幅する増幅器の利得を濾波回路の出力電圧レベルによって可変して制御することにより、圧電体の温度特性に原因する角速度検出回路の信号レベルの変化の温度補正を行なうものである。

【0018】また、本発明の温度補償装置では、PZT系の圧電振動型ジャイロにおいて中空円筒状の圧電振動部材の基部側一端の内周面と外周面に電極を配置し、該電極間において圧電体は一種のコンデンサとして容量を有することになり、容量に対応した信号を取り出す容量検出回路を設けることによって圧電体の温度特性による変化を容量の変化に対応した電気信号として検出し、この電気信号に基づき角速度検出回路の出力電圧の温度補償が行なわれる。

【0019】容量検出用の電極を中空円筒状部材の基部側の一端に設けたのは、該基部側一端において円筒の振動が最も小さく、円筒の他の部位に配設した場合に比べ円筒圧電振動部材の振動全体に及ぼす影響が少ないためである。

【0020】また、本発明の温度補償装置においては、容量検出用の電極を圧電振動部材の振動節点に配設されることにより該電極による圧電振動部材の振動に及ぼす影響が極小化される。

【0021】本発明においては、前記中空円筒状の圧電振動部材が真空容器に入れられたことにより、圧電振動部材の振動音は外部に漏れない。

【0022】

【実施例】以下に、添付した図面を参照して本発明の実施例について詳細に説明する。

【0023】図2には、本発明の構成略図が示されている。同図に示すように、中空円筒状の圧電振動部材1はPZT系の圧電セラミックから形成され、図示下端において支持部材5に固定されている。

【0024】圧電振動部材1の円筒外周面には複数の励振用電極2と、複数の振動検出用電極3が蒸着あるいは銀ペーストをスクリーン印刷したのち焼付けにより取り付けられる。

【0025】圧電振動部材1は、角速度検出回路30に設けられた発振回路（図示せず）によって出力される交番信号により励振用電極2を介してその共振周波数で振動される。

【0026】そして、振動検出用電極3を介して圧電振動部材1の振動が電気信号として検出され、回転運動に伴い円筒部材に誘起されたコリオリ力による振動の変化に基づき回転角速度の変化が検出される。

【0027】図2に示すように、中空円筒状の圧電振動部材1の基部側一端には、圧電体の容量を検出するための容量検出用電極4が円筒の内周面と外周面に設けられている。

【0028】容量検出用電極4は容量検出回路20の積分回路（図示せず）に接続され、容量検出回路20の温度補正信号出力端子11には、ヨーレートを検出するための角速度検出回路30の出力信号の温度変化を補正するための温度補償信号が出力される。

【0029】なお、図2では、中空円筒状の圧電振動部材1は真空容器12に封入されている。これは圧電振動部材の振動音を外部に漏れなくするためである。

【0030】図3には、本発明の実施例の回路構成が略示されている。

【0031】同図には本発明における圧電体の容量検出回路20の構成と、温度補償されたセンサ出力10を出力するため、容量検出回路20の出力電圧により利得が可変される増幅器6の構成と、圧電振動部材1の角速度検出回路30の構成が略示されている。

【0032】角速度検出回路30の発振回路31は、その出力が圧電振動部材1の励振用電極2に接続され、圧電振動部材1をその共振周波数で振動するために所定の振幅と周波数の交番信号を出力する。

【0033】角速度検出回路30の振動検出回路32は振動検出用電極3の出力信号を所定利得増幅して角速度検出用の信号Vsを出力する。

【0034】圧電体の容量変化を検出するために、中空円筒状の圧電振動部材1の基部側一端の外周面と内周面に設けられた容量検出用電極3は、容量検出回路20において、図示の如く演算増幅器24の帰還抵抗22と並列に接続される。このため、容量検出用電極4に挟まれた圧電体は等価的に容量Cのコンデンサ23として積分回路を構成する。

【0035】容量検出回路20における発振回路21は、圧電振動部材1を励振するための発振回路31とは別途に例えばセラロック等で作られ、予め定める一定の振幅かつ一定の周波数から成る基準信号を出力するものである。

【0036】発振回路21の出力基準信号は、その出力に下限リミット用ダイオード26が接続され半波整流回路を構成すると共に、ボルテージホロワ構成により低インピーダンスの電圧を出力する演算増幅器25の非反転端子に入力され、半波整流された基準信号は前記した積分回路を構成する演算増幅器24の反転入力端子に入力される。

【0037】積分回路を構成する演算増幅器24の出力信号は負極性の電圧としてFET7のゲート端子に給配される。

【0038】前記した積分回路からは、その時定数に依存して信号電圧レベルが可変する信号が出力される。

【0039】すなわち、コンデンサ23の容量Cが増大すると積分回路の時定数は大きくなり、基準信号の積分回路の出力信号の電圧レベルは低下する。

【0040】このため、温度が上昇し圧電体の容量が増

大すると、前記積分回路の時定数が増大するため、積分回路の出力信号の電圧レベルは減少する。

【0041】なお、図5には前記積分回路の周波数特性のうち、その振幅特性が示されている。

【0042】図3の積分回路は一次の低域通過濾波回路を構成し、その遮断周波数 $f_c$ は $1/2\pi RC$ で与えられる。但し、Rは図3に示した帰還抵抗22の抵抗値、Cは同図に示す圧電体の容量である。

【0043】図5には、一次の低域通過濾波回路の周波数応答の振幅特性が図示されている。容量Cが大きくなると低域通過濾波回路の遮断周波数は $f_c'$ へと減少し、一定周波数から成る基準信号の積分回路による減衰量が増大するため、積分回路の出力信号の電圧レベルは低下する。

【0044】また、温度が下がると圧電体の容量は減少し、積分回路の時定数が減少するため、基準信号の積分回路の出力信号の電圧レベルは上昇する。

【0045】図3に示すように、容量検出回路20の積分回路の出力信号は電圧入力電流出力型のFET7のゲート端子に接続され、角速度検出回路30の出力信号Vsの温度補正を行なう。

【0046】後に説明されるように、FET7は演算増幅器6と共に電圧により利得が制御される増幅器を構成する。

【0047】FET7のドレイン端子は演算増幅器6の反転入力端子に接続され、ソース端子は接地されている。

【0048】図6には、FETにおけるドレイン・ソース間抵抗RDSの電圧特性の一例が示されている。同図に示すとおりFETのドレインソース間抵抗RDSは、負極性のゲート・ソース間電圧VGSの減少に伴い減少する。

【0049】図3において、FET7をドレイン・ソース間抵抗RDSで等価的に表わし、帰還抵抗8の抵抗値をRfとし、角速度検出回路30の出力端子34の出力電圧をVsで表わすと、演算増幅器6の出力電圧Voは次式(1)で与えられる。

【0050】

$$V_o = (1 + R_f/R_{DS}) \times V_s \quad (1)$$

【0051】したがって、演算増幅器の利得Aは次式(2)で与えられる。

【0052】

$$A = 1 + R_f/R_{DS} \quad (2)$$

【0053】前記式(2)において帰還抵抗Rfは定値であるため、FET7のドレイン・ソース間抵抗RDSが増大すると増幅器の利得Aは減少し、FET7のドレイン・ソース間抵抗RDSが減少すると増幅器の利得Aは増大する。

【0054】図4には、圧電体が所定の一定温度にある場合の角速度の変化に対する角速度検出回路の30の出力電圧レベルと、圧電体の温度が上昇した場合の角速度

検出回路30の出力電圧レベルの一例が示されている。

【0055】同図に示すように圧電体の温度が上昇した場合に、角速度検出回路30の出力電圧の回転角速度に対する傾きは減少し、したがって温度が上昇した時、同一の回転角速度に対する出力電圧レベルは減少する。

【0056】したがって、圧電振動部材1の温度が上昇した場合に、角速度検出回路30の出力電圧は減少するが、同時に圧電体の容量Cが増加するため、積分回路の時定数が増大し、すなわち一次の低域通過濾波回路の遮断周波数が減少することになる。

【0057】このため、発振回路21により生成される基準信号の積分回路による減衰量は増大し、積分回路の出力信号の電圧レベルは低下する。

【0058】積分回路の出力は負極性の電圧信号としてFET7のゲート端子に印加され、ゲート端子電圧が低下するため、図6の電圧特性に従ってFET7のドレイン・ソース間抵抗RDSが減少し、前記式(2)により演算増幅器6の利得は増大することになる。

【0059】このようにして、圧電体の温度が上昇した場合、演算増幅器6に入力される角速度検出回路30の出力信号Vsは、圧電体の温度上昇に対応して増大された利得を以て増幅されるため、ヨーレートセンサ出力である演算増幅器6の出力端子10には、角速度検出回路30の出力信号Vsの温度上昇による出力レベルの減少が相殺され、温度補正された信号がセンサ信号として出力される。

【0060】圧電振動部材1の温度が下がった場合には、角速度検出回路30の出力電圧は増大するが、同時に圧電体の容量Cが減少し、積分回路の時定数は減少し、すなわち一次の低域通過濾波回路の遮断周波数が大

きくなる。

【0061】したがって、発振回路21により生成された基準信号の積分回路による減衰量は小さくなり、FET7のゲート端子に加えられる電圧レベルが負極側に増大するため、図6の電圧特性に従ってFET7のドレイン・ソース間抵抗RDSが増大し、前記式(2)により演算増幅器6の利得が減少するため、ヨーレートセンサ出力である演算増幅器の出力端子10には、角速度検出回路30の出力信号Vsの温度降下による出力レベルの増大が相殺され、温度補正された信号がセンサ信号として出力される。

【0062】図7には、圧電体の容量検出用の電極4が圧電振動部材1の振動の節点に取り付けられた構成が略示されている。圧電振動部材1の振動節点は共振時にも振動せず、このため電極の取付けによる振動部材の振動全体に及ぼす影響が極小化される。

【0063】

【発明の効果】以上説明したとおり、本発明の温度補償方法によれば、PZTなど圧電体を用いた中空円筒状の圧電振動部材において、圧電体の温度特性の変化を誘電

率の変化として検出するための電極を円筒部材の基部側一端に設け、該電極取付けによる圧電振動部材の振動自体に及ぼす影響を回避し、且つ圧電体の容量の変化に依存してその遮断周波数が可変とされる濾波回路に所定の基準信号を入力し、圧電振動部材の振動検出回路の出力信号を増幅する増幅器を利得を濾波回路の出力電圧レベルによって可変に制御することにより、圧電体自体の温度特性による角速度検出回路の信号の変化を良好な精度を以て温度補正できるという利点を有する。

10 【0064】また、本発明の温度補償装置によれば、PZTなど圧電体を用いた中空円筒状の圧電振動部材において、圧電体の容量を検出するための電極を中空円筒状の圧電振動部材の基部側一端に取り付け、該電極取付けによる圧電振動部材の振動自体に及ぼす影響を回避し、且つ圧電体の温度特性による振動検出信号の変化を圧電体の容量の変化に基づき補正するための容量検出器を設けたことにより、圧電体自体の温度変化に基づきヨーレートセンサの温度補正が行なえるという利点を有する。

20 【0065】また、本発明の温度補償装置においては、容量検出用の電極を圧電振動部材の振動節点に配設されることにより、該電極を設けたことによる圧電振動部材の振動に及ぼす影響が極小にできるという利点を有する。

30 【0066】さらに本発明の温度補償装置においては、容量検出回路が、予め定める基準信号を出力する発振回路と、圧電体を等価的に積分回路の時定数を定めるコンデンサを構成するように接続したことにより、温度検出用センサを別途設けることなく簡易な回路構成でありながら、圧電体の特性の温度変化が極めて良好な精度で検出され温度補正用の信号として利用できるという利点を有する。

【0067】さらにまた、本発明の温度補償装置においては、圧電体自体の温度変化によりその利得が制御される電圧により利得が制御される増幅器により角速度検出回路の信号が温度補正されるため、温度補正の精度が向上するという利点を有する。

40 【0068】そして、本発明のヨーレートセンサにおいては圧電振動部材を真空容器に封入したことにより、圧電振動部材の振動音が外部に漏れないという利点を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】圧電振動型ジャイロの動作原理を示す模式図。

【図2】本発明のヨーレートセンサの一実施例を示す構成概略図。

【図3】本発明におけるヨーレートセンサの温度補償装置の実施例の回路の概略構成図。

【図4】ヨーレートセンサの出力信号の温度特性を示したグラフ。

50 【図5】本発明における容量検出回路の積分回路の周波数特性の一例を示した図。

【図6】FETのドレイン・ソース間抵抗 $R_{DS}$ の電圧特性を示す図。

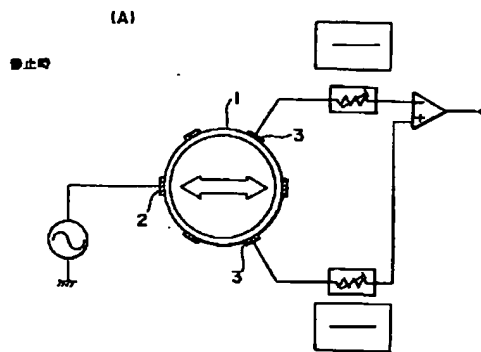
【図7】振動節点に容量検出用電極が設けられた円筒圧電振動部材の振動動作原理の模式図。

【符号の説明】

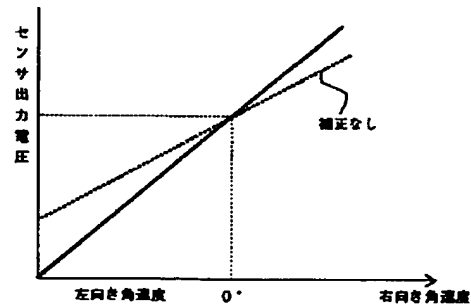
- 1 圧電振動部材
- 2 励振用電極
- 3 振動検出用電極
- 4 容量検出用電極

- 5 支持部材
- 6 演算増幅器
- 7 FET
- 10 センサ出力
- 11 温度補正信号出力端子
- 12 真空容器
- 20 容量検出回路
- 30 角速度検出回路

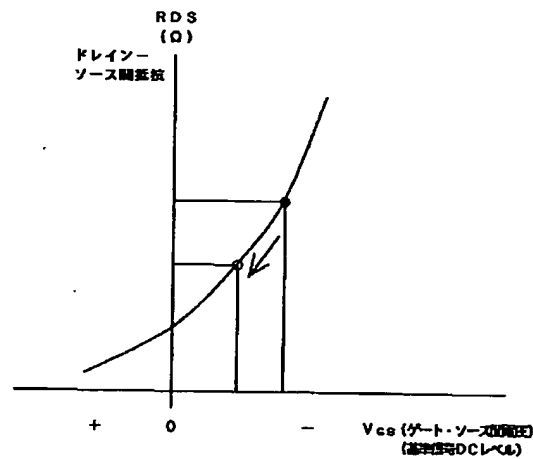
【図1】



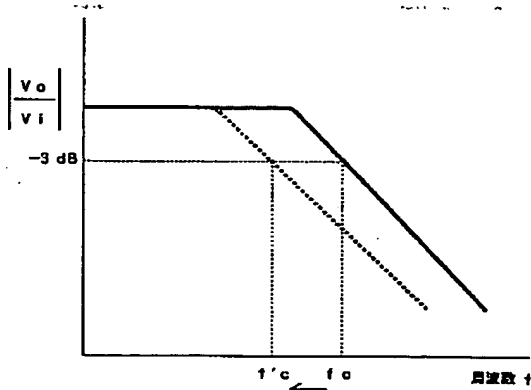
【図4】



【図6】

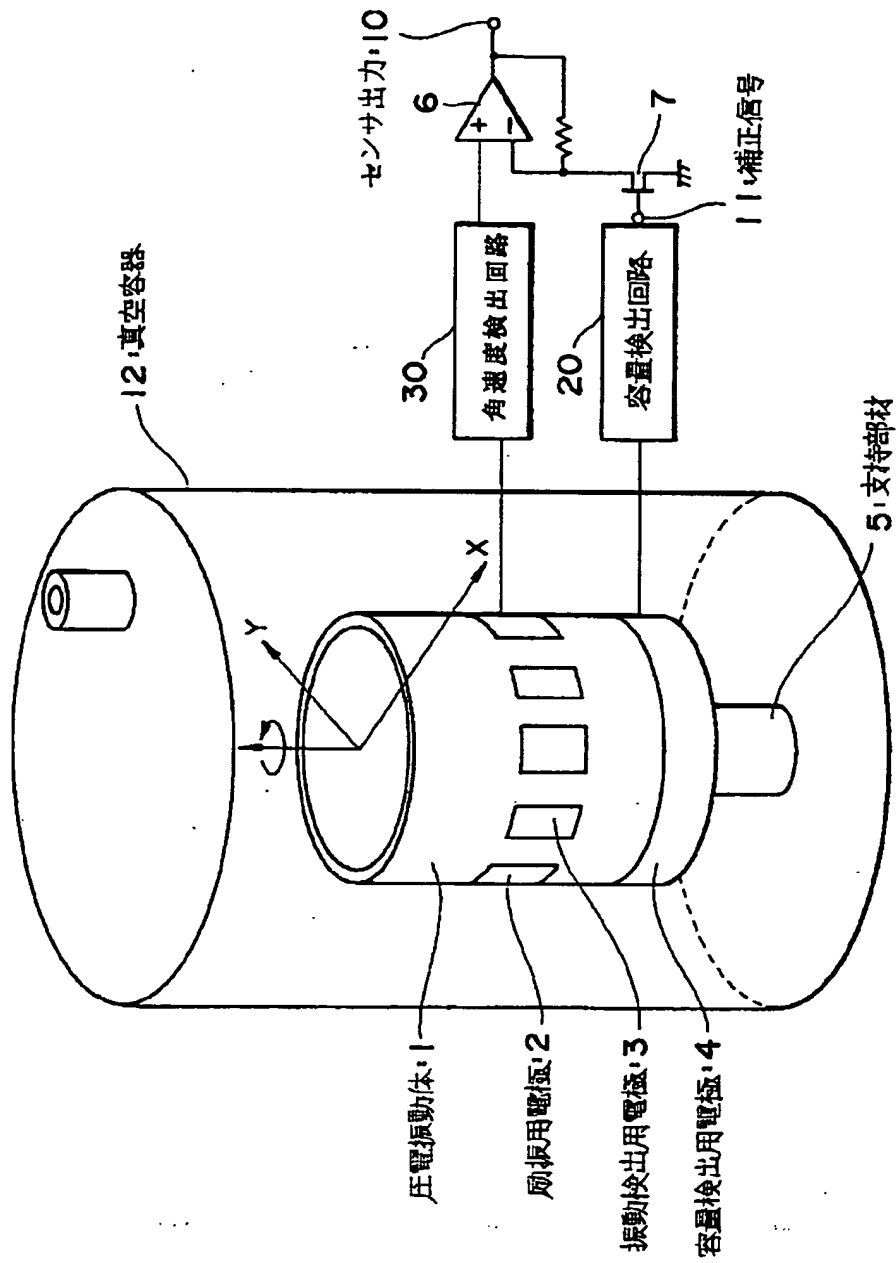


【図5】



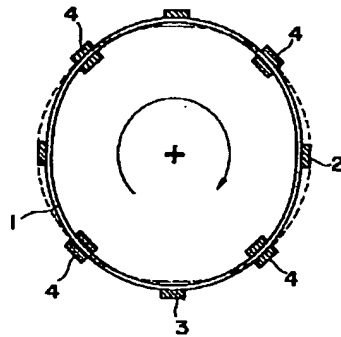


【図2】





【図7】



---

フロントページの続き

(72)発明者 小林 聡宏  
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシ  
ン精機株式会社内

(72)発明者 水元 克芳  
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシ  
ン精機株式会社内

(72)発明者 松本 只一  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動  
車株式会社内